

PHẦN 1 MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

BÀI 3: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ (6t)

3.1. CÁC PHƯƠNG TRÌNH ĐIỆN ÁP VÀ ĐỒ THỊ VECTOR

3.1.1. Phương trình điện áp và đồ thị vector của phát điện đồng bộ cực lồi

Khi máy phát làm việc, Φ_0 sinh ra E_0 ở dây quấn stato. Khi máy có tải sẽ có dòng điện I và điện áp trên tải. Ở máy cực lồi khe hở dọc trục và ngang trục khác nhau nên phải phân tích ảnh hưởng của phản ứng phần ứng theo dọc trục và ngang trục.

Từ trường phản ứng phần ứng ngang trục tạo nên sức điện động ngang trục

$$E_{uq} = -jI_q X_{uq} \quad (X_{uq} \text{ là điện kháng phản ứng phần ứng ngang trục}).$$

Từ trường phản ứng phần ứng dọc trục tạo nên sức điện động dọc trục

$$E_{ud} = -jI_d X_{ud} \quad (X_{ud} \text{ là điện kháng phản ứng phần ứng dọc trục}).$$

Từ thông tản stato đặc trưng bởi điện kháng tản X_t không phụ thuộc vào hướng dọc trục hoặc ngang trục, tạo nên sức điện động tản $E_t = -jI X_t = -jI_d X_t - jI_q X_t$

Bỏ qua điện áp rơi trên dây quấn phần ứng R_u ta có phương trình cân bằng điện áp của máy phát điện cực lồi:

$$\begin{aligned} U &= E_0 - jI_d X_d - jI_q X_q - jI X_t \\ &= E_0 - jI_d (X_d + X_t) - jI_q (X_q + X_t) \\ \text{Hay } E_0 &= U + jI_d X_d + jI_d X_t + jI_q X_q + jI_q X_t \\ &= U + jI_d (X_d + X_t) + jI_q (X_q + X_t) \end{aligned}$$

Gọi $(X_{ud} + X_t) = X_d$ là điện kháng đồng bộ dọc trục.

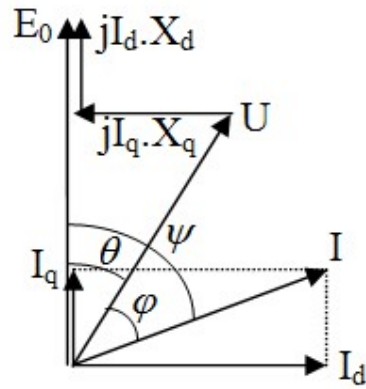
$(X_{uq} + X_t) = X_q$ là điện kháng đồng bộ ngang trục.

$$U = E_0 - jI_d X_d - jI_q X_q$$

Hay $E_0 = U + jI_d X_d + jI_q X_q$

Cách vẽ đồ thị vector: Dựng các vectơ E_0 , U , I sau đó phân tích I thành 2 thành phần: Thành phần ngang trục với E_0 là $I_q = I \cos \psi$ cùng chiều với E_0 và thành phần dọc trục với E_0 là

$I_d = I \sin \psi$ chậm sau E_0 một góc 90°



Hình 10: Phương trình điện áp máy phát cực lồi

φ : Góc giữa \underline{U} và \underline{I}

Ψ : Góc giữa \underline{E}_0 và \underline{I}

θ : Góc giữa \underline{E}_0 và \underline{U}

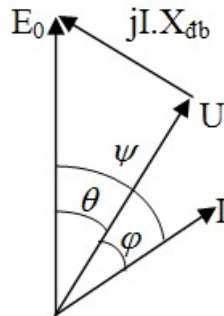
Đối với máy phát thì \underline{E}_0 vượt trước \underline{U} nên góc $\theta > 0$

Đối với động cơ thì \underline{U} vượt trước \underline{E}_0 nên góc $\theta < 0$

3.1.2. Phương trình điện áp và đồ thị vector của phát điện đồng bộ cực ẩn

Máy phát điện cực ẩn là trường hợp đặc biệt của máy phát cực lồi $X_{db} = X_d = X_q$ gọi là điện kháng đồng bộ.

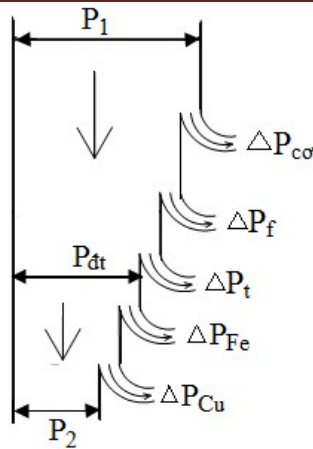
$$\underline{U} = \underline{E}_0 - j\underline{I}X_{db} \text{ hay } \underline{E}_0 = \underline{U} + j\underline{I}X_{db}$$



Hình 11: Phương trình điện áp máy phát cực lồi

3.2. GIẢI ĐỒ NĂNG LƯỢNG CỦA MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

3.2.1. Máy phát điện đồng bộ



Hình 12: Giảm đồ năng lượng của máy phát đồng bộ

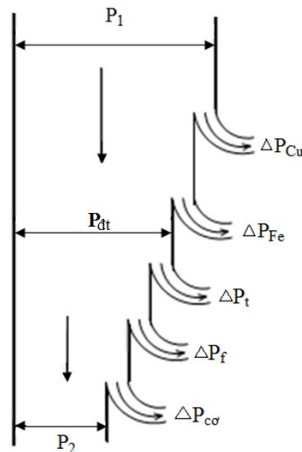
Công suất điện từ P_{dt} chuyển từ rotor sang stator bằng công suất cơ P_1 đưa vào trừ các tổn hao cơ $\Delta p_{c\sigma}$, tổn hao kích từ Δp_t , tổn hao phụ Δp_f do các từ trường bậc cao trong lõi sắt stator và rotor.

$$P_{dt} = P_1 - (\Delta p_{c\sigma} + \Delta p_t + \Delta p_f)$$

Công suất điện P_2 ở đầu ra sẽ bằng công suất điện từ trừ đi tổn hao đồng Δp_{cu} trên dây quấn phản ứng và tổn hao sắt từ Δp_{Fe} :

$$P_2 = P_{dt} - \Delta p_{cu} - \Delta p_{Fe}$$

3.2.2. Động cơ điện đồng bộ



Hình 13: Giảm đồ năng lượng của động cơ đồng bộ

P_1 là công suất điện đưa vào động cơ. Một phần để bù vào tổn hao đồng Δp_{cu1} và tổn hao thép Δp_{Fe} của stator, còn phần còn lại là công suất điện từ chuyển sang rotor.

$$P_{dt} = P_1 - \Delta p_{cu} - \Delta p_{Fe}$$

Công suất điện từ P_{dt} trừ đi tổn hao cơ do ma sát và quạt gió $\Delta p_{c\sigma}$ và tổn hao phụ phần còn lại chuyển thành công suất cơ có ích P_2 .

$$P_2 = P_{dt} - (\Delta p_{c\sigma} + \Delta p_t + \Delta p_f)$$

Từ giản đồ năng lượng của máy phát điện và động cơ điện đồng bộ, ta thấy ở trường hợp động cơ điện, công suất điện từ P_{dt} truyền qua từ trường từ stator sang rotor, ngoài tổn hao

Máy Điện 2

kích từ p_t lấy từ công suất điện của mạng khác với ở trường hợp máy phát điện, lấy từ công suất cơ trên trục.

3.3. ĐẶC TÍNH GÓC CÔNG SUẤT

3.3.1. Đặc tính góc công suất tác dụng

Đặc tính góc công suất tác dụng của máy điện đồng bộ là quan hệ $P = f(\theta)$ khi $U = \text{const}$, $f = \text{const}$ (công suất của lưới điện vô cùng lớn), $E_0 = \text{const}$ (kích từ không đổi), trong đó θ là góc tải giữa các véc tơ $\vec{sđđ} E_0$ và điện áp U . trong khi nguyên cứu đặc tính góc để đơn giản ta bỏ qua trị số R_r vì trị số của nó rất nhỏ so với các điện kháng đồng bộ ($X_{đb}, X_q, X_d$). Công suất tác dụng của máy phát cung cấp cho tải

$$P = mUI \cos \varphi$$

Trong đó: m - là số pha

U, I - là điện áp pha, dòng điện pha

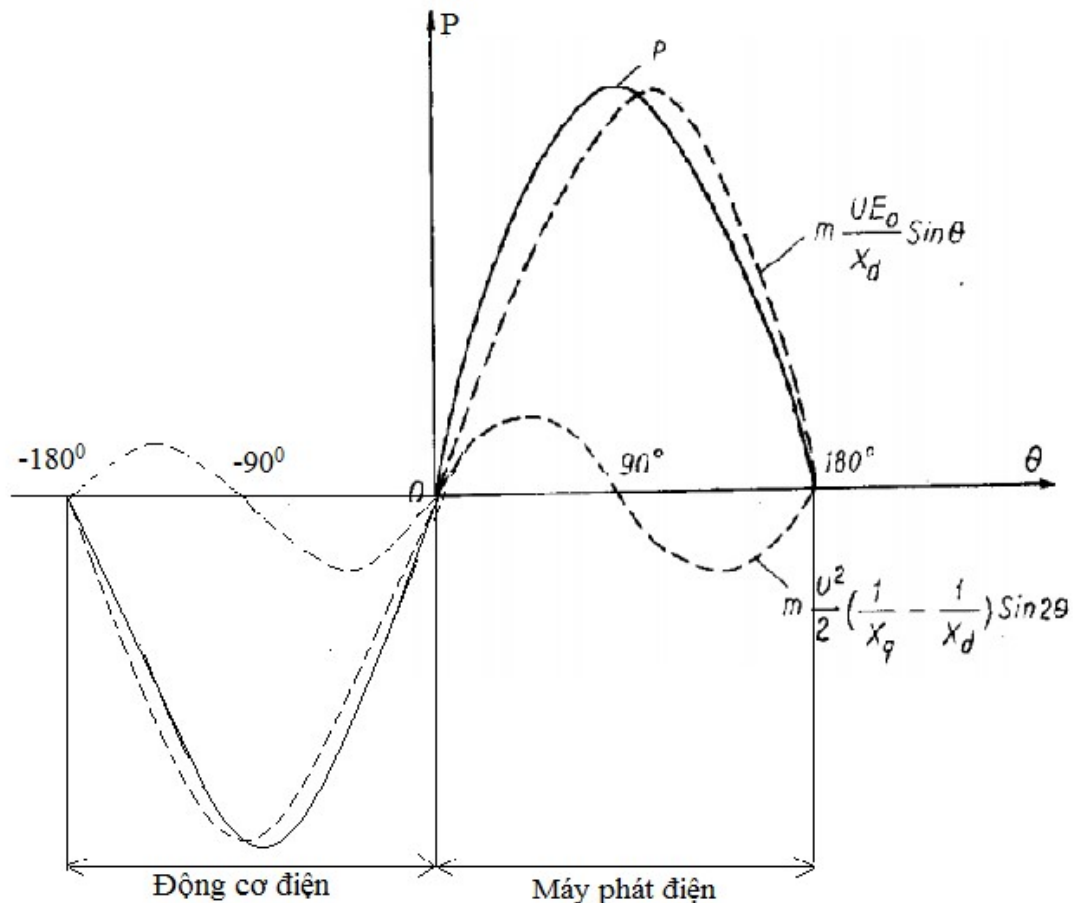
Theo đồ thì véc tơ ta thấy $\varphi = \Psi - \theta$ do đó:

$$P = mUI \cos \varphi = mUI \cos(\Psi - \theta) = mUI \cos \Psi \cos \theta + mUI \sin \Psi \sin \theta$$

Theo đồ thị ta có: $I \cos \Psi = I_q$ và $I \sin \Psi = I_d$, $I_q = \frac{U \sin \theta}{x_q}$, $I_d = \frac{E_0 - U \cos \theta}{x_d}$

thay vào biểu thức trên ta có:

$$P = mU \frac{E_0}{x_d} \sin \theta + m \frac{U^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta$$



Hình 14: Đặc tính góc công suất tác dụng của máy điện đồng bộ cực lồi

Nhận xét:

Máy Điện 2

- công suất điện từ gồm hai thành phần: Thành phần công suất chính của máy phát

$P_c = mU \frac{E_0}{x_d}$ tỷ lệ với $\sin \theta$ và phụ thuộc vào E_0 (hoặc i_t). Thành phần công suất phụ

$P_p = m \frac{U^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_p} \right) \sin 2\theta$ tỷ lệ với $\sin 2\theta$ và không phụ thuộc vào E_0 (hoặc i_t), chỉ xuất hiện

khi $x_q \neq x_d$.

- Đối với máy điện đồng bộ cực ẩ, do $x_d = x_q$ nên

$$P = mU \frac{E_0}{x_d}$$

- Máy điện đồng bộ cực lồi, khi mất hoặc không có kích thích $i_t = 0$ ($E_0 = 0$), thì công suất $P = P_p \neq 0$. Điều này được giải thích như sau: khi $i_t = 0$ trong máy chỉ có từ trường phản ứng.

Do cấu tạo cực lồi của rotor, **từ trở dọc trục nhỏ hơn từ trở ngang trục** nên các đường sức của từ trường quay của phản ứng luôn có xu hướng đi theo hướng dọc trục. Khi có sự xê dịch giữa trục từ trường phản ứng và trục từ trường cực từ, các đường sức đó bị uốn tạo nên mô men và công suất điện. Do công suất P_p rất nhỏ nên kiểu máy có rotor cực lồi và không có dây quấn kích thích được dùng chủ yếu làm động cơ điện có công suất vài chục oát và mang tên là động cơ điện phản kháng.

- Máy phát: $\theta > 0$ nên $P > 0$

- Động cơ: $\theta < 0$ nên $P < 0$

- Máy phát làm việc ổn định khi θ trong khoảng $0 \div 90^\circ$; khi tải định mức $\theta = 20^\circ \div 30^\circ$

3.3.2. Đặc tính góc công suất phản kháng

Công suất phản kháng của máy điện đồng bộ:

$$\begin{aligned} Q &= mUI \sin \varphi = mUI \sin(\Psi - \theta) = mUI \sin \Psi \cos \theta - mUI \cos \Psi \sin \theta \\ &= mU(I_d \cos \theta - I_q \sin \theta) \end{aligned}$$

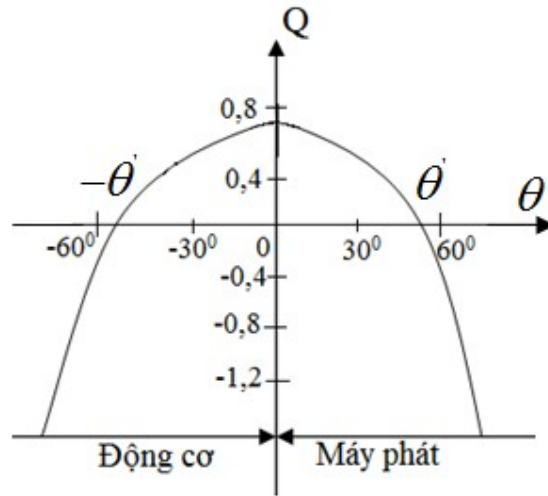
Thay các giá trị I_d, I_q vào công thức trên ta có:

$$Q = \frac{mUE_0}{x_d} \cos \theta + \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \cos 2\theta - \frac{mU^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} + \frac{1}{x_d} \right)$$

Đối với máy đồng bộ cực ẩ thì $Q = \frac{mU(E_0 \cos \theta - U)}{X_{db}}$

Máy Điện 2

Vì khi θ có trị số dương hoặc âm, trị số của Q theo công thức trên vẫn không đổi nên đặc tính góc công suất phản kháng của máy phát điện và động cơ điện đồng bộ giống nhau và có dạng



như sau:

Hình 15: Đặc tính góc công suất phản kháng của máy điện đồng bộ cực lỗi

Nhận xét: khi $-\theta' < \theta < +\theta'$ thì máy phát công suất phản kháng vào lưới điện. Ngoài phạm vi trên của θ , máy tiêu thụ công suất phản kháng lấy từ lưới điện.

Kết luận:

- Điều chỉnh công suất tác dụng: phải điều chỉnh công suất cơ của động cơ sơ cấp (tuabin hơi, tuabin khí...)

- Điều chỉnh công suất phản kháng:

Ta có $Q = \frac{mU(E_0 \cos \theta - U)}{X_{ab}}$ nên khi giữ U, f, P không đổi thì:

+ $E_0 \cos \theta < U$ thì $Q < 0$: Máy nhận công suất phản kháng từ lưới điện để tạo ra từ trường quay, máy thiếu kích từ

+ $E_0 \cos \theta = U$ thì $Q = 0$: không phát, không thu công suất phản kháng

+ $E_0 \cos \theta > U$ thì $Q > 0$: Máy phát công suất phản kháng cung cấp cho tải, máy quá kích từ

Vậy muốn thay đổi công suất phản kháng, phải thay đổi E_0 nghĩa là phải điều chỉnh dòng kích từ. Muốn tăng công suất phản kháng phát ra phải tăng dòng kích từ và ngược lại.